

TUZLULUĞUN BİTKİ GELİŞİMİNE ETKİSİ

Emine EKMEKÇİ Mehmet APAN Tekin KARA

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 07.02.2005

ÖZET: Tuzluluk dünya topraklarının önemli sorunlarından biridir. Tarımsal ya da peyzaj sulama uygulamalarının yanlış yapılması, özellikle doğal drenaj koşullarının kötü olduğu kurak ve yarı kurak yerlerde tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Sulamanın olduğu her yerde toprağa tuz iletimi de söz konusudur. Sulamada kullanılan yerüstü ve yer altı sularının tamamı da bünyelerinde erimiş olarak tuzları bulundurlar. Topraktaki su buharlaşma ve bitki kullanımıyla tüketildiğinde geride bu tuzlar kalarak birikmektedir. Toprakta biriken tuzlar, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozmakta ve bitki gelişimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Yetiştirilen bitkinin veriminde görülecek azalmalar, toprak çözeltisinin konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar, bitkinin tuza dayanımı ile de ilgilidir.

Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, bitki gelişimi, verim, tuz

THE EFFECT OF SALINITY ON PLANT GROWTH

ABSTRACT: Salinity is one of the most important problems of the world lands. That the applications of agricultural and landscape irrigation are carried out in a wrong way is able to lead the problem of salinity particularly on the places where the natural drainage conditions aren't enough. If there is irrigation on a land, it is inevitable to transmit salt by water. Both ground and overground water used in irrigation have dissolved salt on their own. When the water in soil is consumed by evaporation and plant, these salt has been accumulated in the soil. Salt accumulated in soil has spoiled the physical and mechanical features of the soil and has affected the crop development negatively. The decreases observed in the productivity of a crop which has been grown depend not only on the concentration of soil solution but also the soil resistance of the crop.

Key Words: Salinity, plant growth, yield, salt

1. GİRİŞ

Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yikanarak yeraltı suyuna karışan çözünabilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapillarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır (Ergene, 1982; Kwiatowsky, 1998, Kara, 2002).

Tuzlulukla ilgili çalışmalarındaki ana düşünce, tuzluluğun tüm canlı yaşamına olan etkisinin anlaşılmasını sağlayarak, yaşamın hangi ölçü içinde tuzluluktan etkilenmediğini ortaya koymaktır. Toprağın tuzluluğunun artması nedeniyle yaşamını tarıma bağlamış sayısız uygarlığın yok olduğunu tarih içerisinde anımsarız. Günümüzde en yeni ve çağdaş toprak, su, bitki ve çiftlik işletmeciliği tekniğine karşın tuzluluk nedeniyle tarım dışı kalmış alanlar oldukça yaygındır. Türkiye'de yaklaşık 1.5 milyon hektarda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır. Bu, sulamaya uygun arazilerin yaklaşık % 32.5'ine denktir. Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj toprak özellikleri ve iklim etmenleri gibi etmenler önemli ölçüde etkilemektedir. FAO'nun tahminlerine göre, sulanan alanların yaklaşık yarısı 'sessiz düşman' olan tuzluluk, alkalilik ve yüzeyde göllenme tehdidi altındadır (Kanber ve ark., 2005) . Tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimin ya da verimin düşmesinde bitkilerin, tuz düzeyi

sürekli artan çevreye uyum gösterememeleri ana etmen olmaktadır (Kanber ve ark., 1992).

2. TUZLULUK ve ETKİLERİ

Çözünabilir tuzlar, bitkiler tarafından kolayca alınabilirler. Bitki bünyesine giren tuz bileşikleri çeşidine ve miktarına göre belli bir konsantrasyonu aşınca bitkiye zararlı olmaktadır. Bitki üzerine, beslenme ve metabolizmayı bozmak yoluyla zehirleyici etki yaparlar. Ayrıca toprakta tuz konsantrasyonunun artmasıyla, bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, toprağın yapısı bozularak bitki gelişimi yavaşlamakta, hatta durmaktadır (Kanber ve ark., 1992; Güngör ve Erözel, 1994). Toprak içerisinde yeterli miktarda su bulunmasına rağmen bazı koşullar altında bitkilerin solmaya başladıkları görülmüştür. Bu durum genellikle yüksek toprak tuzluluğunun yarattığı 'fizyolojik kuraklık' durumundan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik kuraklık durumunda yüksek ozmotik basınç nedeniyle bitki kökleri topraktaki mevcut suyu alamamaktadırlar (Ayyıldız, 1990).

Toprakta bitki gelişmesinin iyi bir göstergesi olan ozmotik basınç 20 atm'e ulaştığında bitki gelişmesi kısıtlanmakta, 40 atm'e yükseldiğinde ise bitki ölümleri görülmektedir. Ozmotik basınç ile saturasyon çamurunun elektriksel iletkenliği arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle verilmektedir (Güngör ve Erözel, 1994).

$$OP = 0.36 (EC \times 10^3)$$

Eşitlikte;

OP; Ozmotik basınç (atm)

$ECx10^3$; Saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenlik değeri (dS/m, 25 °C) Toprak suyu tuzluluğunun bitki gelişmesi üzerindeki zararlı etkileri şu şekilde özetlenebilir;

- ❖ Yavaş ve yetersiz çimlenme,
- ❖ Fizyolojik kuraklık, solma ve kuruma,
- ❖ Bodurluk, küçük yapraklar, kısa gövde ve dallar,
- ❖ Mavimsi yeşil yapraklar
- ❖ Çiçeklenmenin gecikmesi, daha az çiçek açma ve tohumların daha küçük olması,
- ❖ Tuza dayanıklı yabancı otların gelişmesidir.

Bitkilerin normal gelişmeleri için toprakta sürekli olarak, gelişmelerini engellemeyecek düzeyde suyun bulunması gerekmektedir. Kök bölgesinde suyun azalması ile bitkilerin su kullanımlarında da azalma görülmektedir. Tuzluluk toprak ortamında bitkinin suyu kolaylıkla almasını engelleyen durumlardan birisidir. Kök bölgesi çözelti ortamında tuz konsantrasyonunun artması ile bitkinin bu suyu alabilmek için harcamak zorunda kaldığı enerji miktarı da artar ve sonuçta tuzluluk arttıkça bitkinin su kullanımı azalır. Bitkinin su kullanımının zorlaşması ve su kullanımının azalması, bitki verimi ve kalitesini azaltıcı etkide bulunur (Yurtseven ve Bozkurt, 1997; Yurtseven, 2000; Yurtseven ve ark., 2001b; Kara ve Apan, 2000).

Tuzlulaşma kök bölgesinin tuzluluk düzeyinin verim ve kaliteyi olumsuz etkileyecek kadar artması, çeşitli etkiler sonucunda toprağın verimlilik potansiyelini doğrudan yönlendirici bir unsur olmaktadır. Kök bölgesine çeşitli nedenlerle iletilen tuzlar burada biriktirilirse, zaman boyutunda bitki verimi ve kalitesi, gittikçe artan oranlarda etkilenecektir. Kök bölgesi içerisindeki tuzluluğun en önemli faktörü, sulama suyunun tuz konsantrasyonu ya da yüksek tuzluluktaki taban suyu olabilir. Belli bir konsantrasyonda toprağa iletilen sulama suyu, toprak içerisinde tutulduktan sonra, bitki kullanımı ve buharlaşma ile eksilmeye başlar. Bu sırada iletilen tuzların büyük bölümü toprak içerisinde kalmaktadır (Yurtseven, 1999). Toprak tuzlulaşması iklim öğelerinden özellikle sıcaklık ve nemliliğin etkisi altındadır. Hava sıcaklığı ve hava nemi, gerek toprak yüzeyinden olan buharlaşmayı ve gerekse bitki yapraklarından olan terlemeyi kontrol edici bir etkiye sahiptir. Buharlaşma ve terlemenin artmasıyla kök bölgesi içerisinde ve toprak yüzeyindeki suyun eksilmesi hız kazanır (Yurtseven, 1999; Kanber ve ark., 1992).

Tarımı yapılan kültür bitkilerinin tümü, tuzluluğa karşı aynı tepkiyi göstermezler. Bazı bitkiler tuzluluğa karşı daha hassas iken, bazı

bitkiler daha dayanıklıdır. Dayanıklı bitkiler, tuzlu topraklarda su gereksinimlerini karşılamak amacıyla ozmotik etkiye karşı daha fazla güç geliştirebilen bitkilerdir. Bitkinin tuza dayanımlarının incelenmesi, özellikle toprak tuzluluğunun belirli bir düzeyin altına düşürülemediği alanlarda, ekonomik düzeyde ürün verebilecek bitkilerin seçilerek yetiştirilmesi amacıyla önemlidir (Kotuby ve ark., 1997).

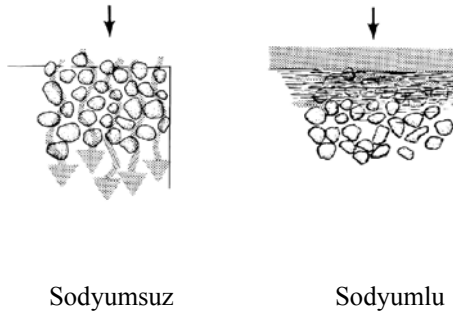
Uygulanacak bazı tarım şekilleri, değişik gelişme dönemlerindeki bitkilerin verimliliklerine etki edebilmektedir. Örneğin bitkiler zayıf olarak çimlenme ve ilk gelişme devresi geçirdiklerinde daha sonraki vejetatif gelişmelerini iyi sürdüremeyip, verimlerinde azalma oluşturabilmektedirler. Bu nedenle özellikle ilk gelişme dönemlerinde uygulanacak bazı kısa dönem kültürel önlemlerle bu olumsuz etki azaltılabilir. Bunlar;

- Daha iyi bir su dağılımı için arazi tesviyesi,
- Keseklenmeyi ve su eksikliğinden dolayı oluşabilecek stresi önlemek amacıyla sulama zamanının düzenlenmesi,
- Tohum ekiminde tuzluluk etkisinde olabilecek karık sırtı gibi yerlere ekim yapılmaması,
- Gübre cinslerinin, miktarlarının ve zamanlarının seçimine dikkat edilmesidir.

Bilindiği gibi sulamanın asıl amacı bitki büyüme dönemlerinde, su eksikliğinden dolayı meydana gelen verim eksikliğinin önlenmesi için toprağa yeterli miktarda ve zamanında su vermektir. Ancak su uygulamaları ile toprakta tuz birikimi olabilir. Böylece suyun yararlılığı azalır ve su eksikliği başlangıcı hızlandırılır (Kanber ve ark., 1992).

Su içerisinde bulunan bileşikler topraktaki organik ve inorganik komplekslerle fiziksel ve kimyasal tepkimeye girerler. Bunun sonunda istenen veya istenmeyen bazı toprak özellikleri ortaya çıkar. Örneğin suda kalsiyumun olması, toprağın hava su geçirgenliğini artırırken, sodyumun olması bunun tersi bir durum ortaya çıkarır. Toprakta adsorbe edilen katyon dağılımı toprak suyu ile denge halindedir. Sulama ve gübreleme ile toprakta tutulan iyonların dağılımı değişir. Kalsiyum, magnezyum ve alüminyum gibi iki ve üç değerli katyonlar, sodyum ve potasyum gibi bir değerli katyonlara kıyasla kil zerreleri yüzeyinde daha kuvvetle tutulurlar. Bu nedenle bu katyonlar kil zerrelerinin daha büyük ve stabil agregatlar halinde bir araya toplanmasını ve dolayısıyla daha iyi yapıdaki tarım topraklarının meydana gelmesini sağlarlar. Böylece ortama kalsiyumun hakim olması sonucu, granüle bir yapı oluşur. Toprak kolayca işlenen, geçirgen bir özellik kazanır. Düşük tuz konsantrasyonuna sahip topraklarda aralarında sodyumun da yer aldığı değişebilir katyonların

hakim duruma geçmesi toprak yapısının bozulmasına neden olur (şekil 1). Sodyumsuz durumda su kolaylıkla infiltre olurken, sodyumlu durumda bu mümkün olmaz ve su toprak üzerinde birikir. Toprakta adsorbe edilen sodyum (SAR) değeri %10-15'i geçtiğinde, kil kompleksleri disperse hale geçer, geçirgenlik azalır, toprak işleme güçleşir, çimlenme zayıflar. Dolayısıyla bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Toprakta birikmesi olası Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP) miktarı SAR değeri kullanılarak hesaplanabilir. Nicelik olarak sodyumlu toprak, $ESP > 15$ olan topraklardır. Tuzlu topraklarda $ESP < 15$, tuzlu-sodyumlu topraklarda $ESP > 15$ 'tir (Kanber ve ark., 1992).



Şekil 1. Toprak geçirgenliğine sodyumun etkisi (Singer ve Munns, 2002)

Sulamanın olduğu her yerde toprağa tuz iletimi de söz konusudur (Yurtseven, 1999; Akgül, 2002; Yurtseven ve Bozkurt, 1997; Kanber ve ark., 1992). Sulama suları ile toprağa iletilen tuzlar, toprak çözeltisi içerisinde birikerek üzerinde yetiştirilen bitkiyi farklı biçimlerde etkilerler. Bu tuzlar toprak fiziksel özelliklerini etkileyebileceği gibi doğrudan bitki üzerine toksik yani zehir etkisi de yapabilirler ve sonuçta verimde azalmalar oluşacaktır (Kara ve Apan, 2000). Bitki yetiştirme ortamındaki fazla tuz bitkinin gelişmesini önemli ölçüde sınırlar. Tuzlar bitki büyümesine üç şekilde etki ederler;

➤ Fiziksel etki; Ozmotik basıncın yükselmesi sonucu bitkinin su alımı ve dolayısıyla beslenmesi yavaşlar veya tamamıyla durur. Bitki su alımında güçlük çeker. Buna ozmotik basınç etkisi de denir.

➤ Kimyasal etki; Bir kısım tuzlar, bitki besin maddelerinin alımını zorlaştırıp, metabolizmayı bozarak bitkinin bünyesine zarar verirler. Buna özel iyonların toksisitesi de denir.

➤ Dolaylı Etkiler; Tuzluluk veya sodyumluluğun toprak üzerinde meydana getirdiği değişiklikler, bitkilerin gelişmesine etki eder. Örneğin su alımının sağlanması için metabolik enerjinin kullanılması ve verimde düşme meydana gelmesi gibi.

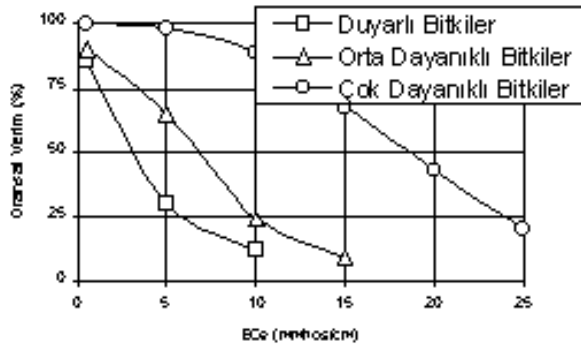
Daha önce de değinildiği gibi toprak çözeltisinde çözünmüş halde bulunan fazla tuzun

bitkiler üzerine ana etkisi toprak ozmotik basıncını artırarak dolaylı olarak bitkinin su almasının engellenmesidir. Bitki kökleri çoğu tuzları geçirmeyen ancak su moleküllerinin geçmesine de engel olmayan yarı-geçirgen hücre zarını ihtiva etmektedir. Tuz etkisiyle ilgili önemli bir husus da, bazı bitkilerin özellikle tohumlarının çimlenmesi veya fide devrelerinde tuzluluğa karşı oldukça hassas olmalarıdır. Böyle hallerde tohum yatağı veya yastıkların daha az tuz toplayabilen kısımları seçilmeli ve tohum veya fide bu kısımlara ekilmeli veya dikilmelidir (Bayraklı, 1998).

Yetiştirilen bitkinin veriminde görülecek azalmalar, çözeltinin konsantrasyonuna bağlı olduğu kadar, bitkinin tuza dayanımı ile de ilgilidir. Tuza dayanımı fazla olan bitkiler yüksek tuzluluklarda bile verimde önemli azalmalar oluşturmazken, tuza dayanımı fazla olmayan bitkiler düşük tuzluluklarda bile önemli azalmalar gösterebilir (Yurtseven ve ark., 1996). Bitkilerin tuza dayanımları, iklim koşulları, toprağın nem durumu, tuz çeşidi ve ortamdaki diğer tuzlara göre oldukça farklılık göstermektedir. Bitkilerin tuza olan toleranslarının göstergesi kök bölgesindeki eriyebilir tuzların belli seviyesi için tahmin edilen verim azalmasıdır. Bu verim tuzsuz koşullar altında elde edilen verimle kıyaslanır. Böylece oransal verimler elde edilir. Güngör ve Eröz, (1994)'e göre toprak saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği ile oransal verim arasındaki ilişki, tuza duyarlı (0-4 dS/m), orta dayanıklı (4-8 dS/m) ve çok dayanıklı bitkiler (8-16 dS/m) için Şekil 2'de gösterilmiştir.

Yurtseven ve Baran (2000)'in bildirdiğine göre Maas ve Hoffman (1977) tuzluluğun artması ile belli bir noktadan sonra verimde sürekli bir azalmanın söz konusu olduğunu vurgulamışlardır. Sebze kültür bitkilerine oranla tuzluluğa daha duyarlıdır. Genelde sebzeler 1.0-3.8 dS/m dolaylarındaki tuzluluklarda verimde azalma göstermeye başlarlar. Ekonomik veya çevresel sınırlamalar nedeniyle (Örneğin, yetersiz drenaj) topraktan tuzu uzaklaştırmak mümkün olmayabilir. Bu gibi durumlarda topraktaki tuz düzeyine tolerans gösterebilen bitkiler seçilmelidir. Bütün kültür bitkileri belli düzeylerdeki tuzluluğa karşı duyarlıdır. Bitkinin tuzluluğa duyarlı olmasının anlamı, düşük tuzluluk düzeylerinde dahi çözelti içerisinde oluşan ozmotik basınç değerlerinin bitki kökleri tarafından karşılanamamasıdır.

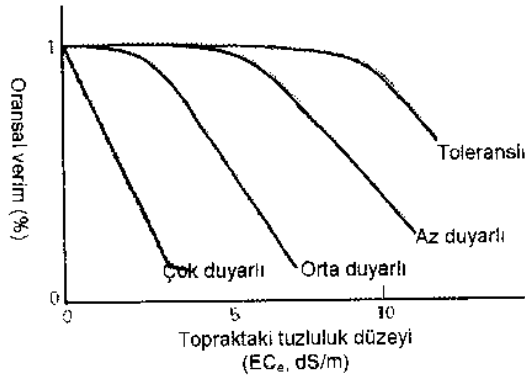
Toprak tuz düzeylerine göre bitkilerin dayanıklılıkları Çizelge 1'de verilmiştir. Tuzluluğa karşı bitkilerin duyarlılıkları grafiksel olarak da Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 2. Toprak tuzluluğu ile bitkilerin oransal verimleri arasındaki ilişki (Güngör ve Erözel, 1994).

Çizelge 1. Toprak Tuz Düzeylerine Göre (1:1 soil:water; toprak:saf su karışımı) Bitkilerin Duyarlılıkları. (Soil Quality Test Kit Quide, 1999).

Tuzluluk (EC _e , dS/m)	Bitki Tepkisi
0-0.98 Çok az tuzlu	Tuzluluk etkisi çoğunlukla ihmal edilebilir
0.98-1.71 Az tuzlu	Çok duyarlı bitkilerin ürün verimleri düşebilir
1.71-3.16 Tuzlu	Birçok bitkinin ürün verimi düşer
3.16-6.07 Çok tuzlu	Tuza dayanıklı bitkiler normal ürün verebilir
> 6.07 Aşırı tuzlu	Tuza çok dayanıklı birkaç bitki ürün verebilir.



Şekil 3. Bitki gelişiminin tuzluluğa karşı gösterdiği tepki (Singer ve Munns, 2002)

Kültür bitkilerinde ortamın tuzluluğu arttıkça elde edilen ürün miktarı da bitkinin dayanım düzeyine göre azalmaktadır. Çizelge 2, 3, 4, 5, ve 7 bazı bitkilerin vejetasyon dönemlerinde ortamın tuzluluk düzeyine göre verimlerinde meydana gelen azalmayı göstermektedir (FAO, 1976;

Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992). Çizelgelerdeki değerler tuz konsantrasyonundaki artıma ile verim azalması arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu varsayılarak geliştirilmiştir. Bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır (Kanber ve ark., 1992; FAO, 1976).

$$Y_r = 100 - b(EC_e - a)$$

Eşitlikte;

Y_r ; Oransal bitki verimi (%)

EC_e ; Çamur süzümü (Saturasyon ekstraktı) tuz konsantrasyonu (dS/m)

a ; Tuzluluk eşik değeri (Verimin %100'den düşmeye başladığı EC değeri)

b ; Birim tuzluluk artışına karşılık verim kaybı

Kanber ve ark. (1992)'nin bildirdiğine göre Bernstein (1964)'in araştırma sonuçları göstermiştir ki, bitkilerin tuz drenci büyüme mevsiminin sonuna doğru artmaktadır. Ancak, birkaç bitki bu kuralın dışına çıkmaktadır. Örneğin çeltik, çiçeklenme ve tohum bağlama dönemlerinde tuzluluğa karşı çok duyarlı olduğu halde, çimlenme ve tohum bağlama dönemlerinde çok dirençlidir. Genellikle hemen hemen tüm bitkiler ekim ve ilk gelişme dönemlerinde tuza karşı çok duyarlıdır.

Arpa, buğday ve çeltik özellikle fide devresinde tuza karşı daha duyarlıdır. Bu devrede tuzluluk 4-5 dS/m'yi geçmemelidir. Şekerpancarı özellikle çimlenme devresinde tuza karşı duyarlıdır. Bu devrede toprak tuzluluğu 3 dS/m'den fazla olmamalıdır (Bayraklı, 1998).

Yurtseven ve Bozkurt (1997) yaptıkları sulamada dört farklı sulama suyu tuzluluğu ve iki farklı SAR oranı konularının marul bitkisinde verim ve kaliteye etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucu olarak sulama suyu tuzluluğu ve sodyumluluğundaki artışa bağlı olarak marul veriminde önemli azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

Yurtseven ve Baran (2000) brokkoli bitkisi için sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının verim ve mineral madde içeriğine etkisini araştırmışlardır. Bitki verimi üzerine sulama suyu tuzlulukları ile sulama suyu miktarlarının her ikisi de etkili olurken, kuru madde ve toplam kül değerleri üzerinde sadece tuzluluklar etkili olmuştur. Verimde 6 dS/m düzeyinden itibaren önemli azalmalar olmuş, sulama suyu miktarındaki artış ise verimi azaltmıştır. Tuzluluğun artması bitki kuru madde miktarlarının azalmasına neden olurken, toplam kül içeriklerini artırmıştır.

Yurtseven (2000) tuzluluğun patlıcan bitkisinin bitki su tüketimine etkisini araştırmış ve tuzluluk artışı ile bitki su tüketiminin azaldığını

belirlemiştir. Bu azalma toprak ortamındaki çözelti konsantrasyonunun sulama suyu ile iletilen tuzlar nedeniyle artması ve bunun bir sonucu olarak ozmotik basıncın yükselmesinin bitki su alımını zorlaştırmasından kaynaklanmıştır.

Yurtseven ve ark. (1996) biberde çimlenme ve fide oluşumu dönemleri ile sonraki bitki

gelişme dönemlerindeki sulama suyu tuzluluklarının bazı verim parametrelerine üzerine olan etkilerini incelemiştir. Biberde çimlenme üzerine 3 dS/m lik tuzluluk düzeyi önemli bir etki oluşturmamıştır. Fide oluşumu üzerine ise fide boyunun artmasına neden olacak şekilde etki etmiştir. Yine çimlenme ve fide oluşumu dönemlerindeki tuzluluklar, sonraki bitki

Çizelge 2. Tarla Bitkilerinin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	10		25		50	
			EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)
Arpa	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0
Fasülye	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4
Mısır	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9
Pirinç	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8
Pamuk	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0
Sorgum	4.0	2.7	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.2
Şeker P.	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0

Çizelge 3. Sebzelelerin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	10		25		50	
			EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)
Brokkoli	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5
Pancar	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4
İspanak	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7
Domates	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0
Lahana	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6
Soğan	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9
Biber	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4
Havuç	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.1
Marul	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.2	3.4

Çizelge 4. Yumuşak ve Sert Kabuklu Meyvelerin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	10		25		50	
			EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)	EC _e (dS/m)	EC _w (dS/m)
Elma	1.7	1.0	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2
Badem	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.7
Kaysı	1.6	1.1	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5
Böğürtlen	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.8	2.5
Nektarin	1.6		2.0		2.6		3.7	
Şeftali	1.7	1.1	2.2	1.4	2.9	1.9	4.1	2.7

Çizelge 5. Çiçeklerin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Hassas	Orta hassas	Dayanıklı
EC _e <2.0 dS/m	EC _e = 2.0-3.0 dS/m	EC _e = 3.0-4.0 dS/m
Sardunya Zambak Gardenya	Karanfil Krizantem	Gül

Çizelge 6. Ağaçların Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Hassas	Orta hassas	Dayanıklı
$EC_e < 2.0$ dS/m	$EC_e = 2.0-3.0$ dS/m	$EC_e = 3.0-4.0$ dS/m
Kayın Fındık Akçaağaç Küçük yapraklı ıhlamur Kavak	Alıç (Akdiken) Ihlamur Manolya Meşe Çınar Ceviz	Dişbudak Kavak Karaçam Söğüt Meşe (İngiliz, Beyaz)

Çizelge 7. Çayır-Mer'a Bitkilerinin Tuz Toleransı (FAO, 1976; Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992)

Bitki Çeşidi	Eşik Değer		Verimdeki Azalma (%)					
			10		25		50	
	EC_e (dS/m)	EC_w (dS/m)	EC_e (dS/m)	EC_w (dS/m)	EC_e (dS/m)	EC_w (dS/m)	EC_e (dS/m)	EC_w (dS/m)
Yüksek otlak ayrığı	7.5	5.0	9.9	6.6	13.3	9.0	19.4	13.0
Otlak ayrığı	3.5	2.3	6.0	4.0	9.8	6.5	16.0	11.0
Arpa	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13.0	8.7
İtalyan çimi	5.6	3.7	6.9	4.6	8.9	5.9	12.2	8.1
Yonca	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9
Köpek dişi	1.5	1.1	3.1	2.1	5.5	3.7	9.6	6.4
Çayır tilki k.	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5

gelişmesi üzerine de herhangi bir etki yapmamıştır. Sonraki bitki gelişme döneminde göz önüne alınan sulama suyu tuzluluk düzeyleri ise bitki verimini azaltıcı etkide bulunmuşlardır. Tuzluluğun 0.25 dS/m düzeyinde 6 dS/m düzeyine artması ile verimde azalma %61 düzeyine ulaşmıştır.

Yurtseven ve ark (1999) turp bitkisinde farklı sulama suyu tuzluluğu uygulamalarının verim parametrelerine etkisi isimli çalışmalarında yumru ve gövde verimlerinin her ikisinin de tuzluluk artışı ile azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. Tuzluluğun yumru çapı üzerine etkisinin 1.5 dS/m düzeyinden itibaren, yumru boyu üzerine etkisinin 2.5 dS/m düzeyinde itibaren başladığı görülmüştür. Ayrıca sulama suyu tuzluluğunun topraktaki tuzlaşmaya olan etkisini ortaya koyabilmek amacıyla deneme sonunda yapılan toprak analizlerinde profil tuzlulukları tüm tuzluluk konularında artma göstermiştir. Bunun nedeni sulama uygulamaları ile toprağa, suyun tuzluluğu ile ilişkili olarak değişen miktarlarda tuz taşınmıştır. Bitki kullanımı ve buharlaşma ile profilden uzaklaştırılan tuzların toplamı çok az olduğundan toprağa iletilen tuzların çok büyük bir bölümü profilde biriktirilmiştir. Sulama suyu tuzluluğunun yüksek olduğu konularda, taşınan tuz miktarı fazla olduğundan profilde daha fazla tuz birikmiştir.

Güngör ve ark. (1993) sulama suyu tuzluluğunun soya kimyasal bileşimi üzerine

etkisi isimli çalışmada 0.6, 1.5, 2.5 ve 5.0 dS/m tuz içerikli sularda deneme yapmışlardır. Sulama suyu tuzluluğu ile soya verimi arasındaki ilişki incelendiğinde verimi etkileyen en önemli faktörün sulama suyu tuzluluğu olduğu görülmüştür. Sulama suyu tuzluluğunun artması ile toprak çözeltisi tuz konsantrasyonu artmakta ve çözelti ozmotik basıncı yükseldiğinden bitki kökleri suyu almakta zorluk çekmekte ve fizyolojik kuraklık etkisi altında kalmaktadır. Sulama suyu tuz konsantrasyonunun artması ile toprak çözeltisi konsantrasyonu da artmaktadır. Bitki bünyesine alınan toprak suyu ile bitki vejetatif aksamında tuzlar biriktirilmekte buda kaliteyi etkilemektedir. Çözeltide bulunan bazı unsurlar ortamda bulunan diğer öğelerin alınımı da etkilemektedir.

Grieve ve ark. (1999) tuzluluğun tohum üretimi ve gelişmeye olan etkilerini araştırmışlardır. Tuzlulukla birlikte tohum üretimi önemli bir şekilde azalma göstermiştir.

Yurtseven ve ark. (2001b) sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi isimli çalışmalarda toprak profil tuzluluğu değişimleri 0-90 cm profil için incelemişlerdir. Bütün parsellerde deneme yılları boyunca tuzluluk artmıştır. Tuzluluğun yüksek olduğu konularda bu artış daha da yüksek olmuştur.

Scardaci ve ark (2002) toprak ve su tuzluluğunun pirinç verimine etkisini araştırmışlardır. Pek çok su kaynağının EC 'si 0.7 dS/m'nin altındadır. Bazı drenaj sularının EC 'si 0.7 ve 1.7 dS/m arasındadır ve bu tuzluluk

problemi oluşturabilir. Tuzluluğun artmasıyla pirinç verimi azalma göstermiştir. Yine sulama suyu EC'sinin artmasıyla tohum yoğunluğu ve bio kütle değerleri de azalma göstermiştir.

Sönmez ve Yurtseven (1995) domates bitkisinde farklı gelişme dönemlerinde farklı tuzluluk düzeyinin etkisini araştırmışlardır. Gerek tuzluluk gerek SAR düzeyinin artması çimlenme oranlarını azaltmıştır ve 10 dS/m düzeyinde çimlenme olmamıştır. Fide gelişimi üzerine ise 4 dS/m'nin üzerindeki tuzluluk düzeyleri olumsuz etki yapmışlardır. Çalışmalar sonunda ilk yıl verim değerlerinin ele alınan tuzluluk ve SAR değerlerinde etkilenmediği gözlenirken, ikinci yıl verim değerleri üzerine tuzluluğun etkisi önemli olmuştur. Üçüncü yıl verim değerleri üzerine tuzluluğun etkisi daha büyük oranda olmuştur.

Yurtseven ve ark. (2001a) bir yağ bitkisi olan kolzada sulama suyu tuzluluğu ile sulama aralığının verime ve vejetatif gelişmeye etkisi araştırılmıştır. Tuzluluk etkisiyle yaş ağırlıklar azalmıştır. Bio kütle değerleri üzerinde de tuzluluğun etkisinin benzer olduğu ve tuzluluğun bio kütle üretimini önemli düzeyde azalttığı gözlenmiştir. Bitki gelişiminin bir göstergesi olarak değerlendirilen bitki yaprak alanları da tuzluluğun artışı ile önemli düzeyde azalma göstermiştir.

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma sonuçlarına göre, sulama suyu tuzluluğu, ele alınan bitkilerin hemen hepsinde verim ve kaliteyi azaltıcı etkide bulunmuştur. Su kaynaklarımızın zaman boyutunda değişik nedenlerden dolayı daha tuzlu duruma geldiklerini düşünürsek, gereksinilen verim artışının ve üretim değerinin sağlanmasında, bundan sonra daha düşük kaliteli suları kullanma zorunluluğumuz ortaya çıkmaktadır.

Toprak suyu tuzluluğu bitki gelişmesini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Toprak suyundaki tuz konsantrasyonu fazlalığı ozmotik basıncın artmasına neden olmakta ve dolayısıyla bitkilerin topraktan su almalarını sınırlayarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Tuzluluğun bitki gelişimi üzerine olan olumsuz etkilerinden bir diğeri de özel iyon etkisi olup bitkilerin temel bitki besin elementlerini dengeli bir biçimde alabilmelerini engellemektedir.

Sorunlu toprakların iyileştirilmesi, kök bölgesindeki çözünabilir tuzların yıkanarak, bitkiler için zararlı olmayan düzeylere düşürülerek, topraktan uzaklaştırılması temeline dayanır. İşlem, çözünabilir tuz kapsamı, bitkilerin zararlanmayacağı düzeye indiğinde tamamlanır. Bunun için Türkiye'de saturasyon ekstraktı elektriksel iletkenliği (EC) 4 dS/m, sodyumluluk

için ESP=10-15 olması gerekmektedir (Sönmez ve ark., 1996). Önce yörede etkin çalışan bir drenaj sistemini varlığı araştırılır, yoksa kurulur. Taban suyunun istenen derinliğe indirilmesi sağlanır. Suyun üniform dağılımını sağlamak için gerekiyorsa arazi tesviyesi yapılır. Tuzlu topraklar, genellikle yıkanarak, sodyumlu ve tuzlu-sodyumlu topraklar uygun kimyasallarla birlikte yıkanarak iyileştirilir. Yıkama suyunun iyi nitelikli ve bol olması gerekir.

Tuzluluğun bitki gelişimi üzerine olan etkileri ile ilgili özet olarak şunlar söylenebilir;

- İklim öğelerinden sıcaklık ve nemlilik tuzlulaşmayı etkilemektedir.
- Sulama suyu kalitesi başlı başına toprak tuzluluğunu etkileyebilmektedir. Çünkü tuzlar büyük oranda toprağa sulama suları ile taşınmaktadır.
- Toprak fiziksel özelliklerinden tekstür ve gözeneklilik, tuzlulaşma üzerine etkilidir.
- Yetiştirilecek bitki çeşidi, tuzluluğun belli düzeylerin altına düşürülemediği alanlarda, ekonomik düzeyde ürün elde edebilmek açısından önemli olmaktadır.
- Drenajın yeterliliği tuzluluğun kontrolünde mutlak sağlanması gereken konulardan birisidir.
- Profil tuzluluğunun kontrolünde gerçekleştirilecek yıkama, sulanan alanlarda tuzluluk yönetiminde en önemli uygulamadır. Yıkamada gereksinilen hacim, sulama suyuna eklenerek ya da sulama mevsimi içerisinde ya da sonunda olmak üzere uygulanabilir.
- Tuzluluğun giderilemediği veya toprak ıslahının mümkün olmadığı durumlarda tuza dayanıklı bitkilerden yararlanılabilir.
- Klasik ıslah yöntemleri ile birlikte gen transferi ile bitkilerde tuzluluğa tolerans artırılmaya çalışılmalıdır.
- Tuzluluğu önleyebilmek için tek şart suyun toprakta yukarıdan aşağıya hareketini sağlamaktır.

KAYNAKLAR

- Akgül, H., 2002. Tuzluluk. <http://www.ebkae.cjb.net>
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara, 282s.
- Bayraklı, F., 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214s.
- Ergene, A., 1982. Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No:42, Erzurum.
- FAO, 1976. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No: 29, Rome.
- Grive, C.M., Shannon, M.C. and Dierig, D.A., 1999. Salinity Effects on Growth, Shoot-ion Relations and Seed Production of Lesquerella fendleri. Reprinted from: Perspectives on new crops and

- new uses. J. Janick (ed.), ASHS. Press, Alexandria, VA.
- Güngör, Y., Artık, N. ve Yurtseven, E., 1993. Sulama Suyu Tuzluluğunun Soya Kimyasal Bileşimi Üzerine Etkisi. Doğa Tr. J. of Agricultural and Forestry, 17:443-449.
- Güngör, Y. ve Erözel, Z., 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No:1341, Ders Kitabı:389, Ankara, 232s.
- Kanber, R., Kırdı, C. ve Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S. ve Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/013ri zakanber.pdf
- Kara, T. ve Apan . M., 2000. Tuzlu Taban Suyunun Sulamalarda Kullanımı İçin Bir Hesaplama Yöntemi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 15(3):62-67.
- Kara, T., 2002. Irrigation Scheduling to Present Soil Salinization from a Shallow Water Table, Acta Horticulture, Number 573, pp. 139-151.
- Kotuby, J., Koenig, R. and Kitchen, B., 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03., Utah.
- Kwiatowsky, J., 1998. Salinity Classification, Mapping and Managment in Alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>
- Scardaci, S.C., Eke, A.U., Hill, J.E., Shannon, M.C. and Rhoades, J.D., 2002. Water and Soil Salinity Studies on California Rice. U.S. Salinity Lab., USDA, 450w. CA, 92507, California.
- Singer, M.J. and Munns, D. N., 2002. Soils. An Introduction, 5th. Edition, Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Soil Quality Test Kit Quide, 1999. USDA, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. <http://soils.usda.gov/sqi/files/kitcover.pdf>
- Sönmez, B. ve E. Yurtseven, 1995. Değişik Tuzluluk ve SAR Değerlerine Sahip Suların Toprak Tuzluluğu ve Sodyumluluğu İle Domates Bitkisinin Gelişimine ve Verimine Olan Etkilerinin Belirlenmesi. Köy Hizmetleri Gn. Md., Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Md. Yayınları, 202/R119, Ankara.
- Yurtseven, E., Öztürk, A., Kadayıfçı, A. Ve Ayan, B., 1996. Sulama Suyu Tuzluluğunun Biberde (*Capsium annuum*) Farklı Gelişme Dönemlerinde Bazı Verim Parametrelerine Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 2(2): 5-9.
- Yurtseven, E. ve Bozkurt, 1997. Sulama Suyu Kalitesi ve Toprak Nem Düzeyinin Marulda Verim ve Kaliteye Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 3(2) 44-51.
- Yurtseven, E., 1999. Sürdürülebilir Tarım ve Tuzluluk Etkileşimi. VII. Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 11-14 Kasım 1999, Kapadokya, 237-245.
- Yurtseven, E. ve Baran, H. Y., 2000. Sulama Suyu Tuzluluğu ve Su Miktarlarının Brokkolide (*Brassica oleracea botrytis*) Verim ve Mineral Madde İçeriğine Etkisi. Turk. J. Agric. For 24(2):185-190, 2000, 185-190.
- Yurtseven, E., Parlak, M., Demir, K., Öztürk, A. ve Kütük, C., 1999. Turp (*Raphanus, Sativus L.*) Bitkisinde Farklı Sulama Suyu Tuzluluğu ve Ca/mg Oranı Uygulamaları: I. Bazı Verim Parametrelerine Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 5(3): 28-34.
- Yurtseven, E., 2000. Patlıcanda (*Solunum melongena L.*) Su Tüketimine Tuzluluğun Etkisi. TOPRAKSU DERGİSİ, Sayı: 2, Ankara.
- Yurtseven, E., Ünlükara, A., Top, A. ve Tek, A., 2001a. Tuzluluğun ve Sulama Aralığının Kolzada (*Brassica napus oleifera*) Verime ve Gelişmeye Etkisi. 8-11 Kasım I. Ulusal Sulama Kongresi, Bildiriler Kitabı, 215-219., Belek/Antalya.
- Yurtseven, E., Öztürk, H. S., Demir, K. ve Kasım, M.U., 2001b. Sulama Suyu Tuzluluğunun Tınlı Toprakta Profil Tuzluluğuna Etkisi. Ankara Üniv. Tarım Bilimleri Dergisi. 7:3:1-8 .